

Н.Л.Ребрикова
(Москва)

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ РОСПИСИ
СОБОРА ФЕРАПОНТОВА МОНАСТЫРЯ

В течение ряда лет (1983--1986 гг.) в Рождественском соборе определяли состав микробных популяций, развивающихся на стенописи, и динамику численности различных групп микроорганизмов. Было установлено, что на стенописи существуют микробные сообщества, включающие бактерии, актиномицеты и грибы, которые образуют различного рода ассоциации. Количество и разнообразие микроорганизмов, выделяемых со стенописи, дает возможность говорить о существовании на них "насыщенного" микробного сообщества. Исследования, проведенные с помощью растровой электронной микроскопии, и результаты микробиологического анализа показали, что доминирующие формы на большей части стенописи -- стрептомицеты (актиномицеты), бактерии рода атробактер, имеющие сходную экологическую стратегию. В составе микрофлоры росписей Рождественского собора обнаружены также бациллы, кокковые формы бактерий, мицелиальные грибы. На некоторых участках выявлены очаги развития микофильных грибов, споры плесневых грибов, в нижних ярусах живописи -- остатки скопеленных клеток зеленых водорослей. Наблюдаются также споры плесневых грибов, окруженные мицелием стрептомицетов. На уровне праотеческого ряда в барабане выделены совместно развивающиеся дрожжи и темноокрашенные грибы, ответственные за образование темно-серых пятен на красочном слое. Развитие дрожжей в этом ярусе живописи связано, по-видимому, с укреплением красочного слоя камедью. Мицелий стрептомицетов и клетки других микроорганизмов образуют белесый, иногда с оттенками желтого

или серого цвета, налет на красочном слое живописи, более плотный в нижнем ярусе и несколько более рыхлый в ярусах, расположенных выше.

В природных микробных сообществах развитие актиномицетов происходит на поздних этапах микробной сукцессии после фазы доминирования грибов. Поздние этапы микробной сукцессии в природных условиях характеризуются отсутствием легкодоступных источников питания и накоплением микробной биомассы, образовавшейся на предшествующих этапах. Она может служить источником питания для микроорганизмов, обладающих литическими ферментами, гидролизующими клеточную стенку и образующими специфические вторичные метаболиты, например антибиотики, с помощью которых они могут конкурировать с другими микроорганизмами в условиях "насыщенного" сообщества. Такими экологическими свойствами обладают прежде всего актиномицеты и микофильные грибы.

Полной аналогии между условиями развития микробных сообществ на настенной живописи и в природе нет. Однако настенная живопись так же, как и некоторые природные места обитания микроорганизмов, представляет собой гетерогенную, полидисперсную, многофазовую систему. Условия неотопливаемого памятника — сезонные колебания температуры и влажности воздуха, оседание пыли, загрязнения, содержащие органические вещества и клетки микроорганизмов, на поверхности живописи и штукатурки, меняющийся уровень капиллярного подъема влаги, периодическое поверхностное конденсационное увлажнение — весьма сходны с существующими в природе.

Известно, что мицелий и споры грибов могут служить ресурсом для актиномицетов. На большей части живописи собора актиномицеты развиваются образуя микроколонии, которые можно было наблюдать с помощью биологического стереоскопического микроскопа, установленного на лесах. Точно так же они развиваются и в природных микробных сообществах. Мицелий актиномицетов осуществляет поиск ресурса в условиях дефицита легкодоступных веществ. Если гифа попадает в условия, более благоприятные по сравнению с остальной средой, то при наличии приемлемого ресурса происходит ветвление и образуется микроколония.

Таким ресурсом нередко служат стертые гифы грибов, клеточные стенки которых содержат хитин — полимер, хорошо используемый большинством актиномицетов. Если концентрация ресурса в данной области пространства достаточно высока, колонизация сопровождается образованием вторичных метаболитов, в частности антибиотиков. Тем самым продуцент получает возможность использовать ресурс до конца ².

Развитие микробных сообществ на настенной живописи в неотпливаемых памятниках архитектуры исследовано недостаточно. По мнению польских исследователей, в микробных сообществах на живописи так же, как и в природных условиях, наблюдаются изменения, состоящие в постепенном вытеснении грибной микрофлоры и бактерий с г-стратегией (быстрый рост, высокая скорость размножения, низкая конкурентная способность и выживаемость) актиномицетами, микофильными грибами, бактериями с к-стратегией (медленный рост, небольшая продуктивность, высокая конкурентная способность и хорошая выживаемость), растущими более медленно и разлагающими более сложные соединения ³.

Актиномицеты могут использовать в качестве источников углерода казеин, желатин, крахмал, хитин, пептикогликаны и другие биополимеры. Следовательно, они могут разрушать органические связующие красочного слоя авторской живописи и природные реставрационные материалы, применявшиеся при укреплении росписей ⁴. Тем не менее вопрос, являются ли авторское связующее и реставрационные материалы субстратом для развития актиномицетов или субстратом им служат клетки грибов и других микроорганизмов, остается неясным. Как показали исследования, природные связующие обнаружены на всех участках живописи, в том числе и на участках, плотно заселенных микроорганизмами. Причиной неуязвимости связующего для микроорганизмов могут быть задубливание связующего в процессе старения, образование стабильных комплексов (связующее — пигмент) и в некоторых случаях пространственная разобщенность. Но там, где имеется жизнь, происходят соответствующие биохимические процессы: разложение субстрата, усвоение тех или иных компонентов, выделение продуктов преобразования субстрата. Все эти биохимические процессы отражаются на состоянии сохранности памятника,

тех его участков, где они происходят ⁵. Поэтому, развиваясь даже только за счет других, микроорганизмы влияют на сохранность красочного слоя.

Предположение, что развитие микроколоний актиномицетов или, по крайней мере, части их и некоторых видов грибов происходит за счет использования клеток других микроорганизмов, подтверждается выделением штаммов различных видов грибов в пробах, отобранных с красочного слоя. Но колоний грибов на живописи не обнаружено, так как их развитие ограничено актиномицетами и микофильными грибами. Наибольшая частота встречаемости в пробах у видов рода *Cladosporium*, причем это связано, по-видимому, с присутствием меланинов (темноокрашенный пигмент) в клеточных стенках видов рода *Cladosporium*, что обеспечивает их устойчивость к лизису актиномицетами ⁶.

На сводах южного люнета можно было наблюдать совместное развитие *Cladosporium cladosporioides* и микофильного вида рода *Hyalodendron* sp. На всем красочном слое стенописи (композиция "Пир в Кане Галилейской") были обнаружены отдельные светлоокрашенные колонии. При выделении на питательные среды развивался темноокрашенный *C. cladosporioides*, зараженный *Hyalodendron* sp. Но разделить эти две культуры было очень сложно. Это свидетельствует о высоком уровне приспособленности *Hyalodendron* sp. к развитию на *C. cladosporioides*.

На поверхность красочного слоя споры *Cladosporium* постоянно оседают из воздуха. Как показал анализ микрофлоры воздуха собора, споры *Cladosporium* составляют от 20% до 57% (пробы отбирали на каждом ярусе лесов, на уровне пола и в люнетах) от общей численности всех грибных зачатков.

При обследовании росписей было установлено, что степень интенсивности роста микроорганизмов определяется условиями влажностного режима красочного слоя и штукатурной основы живописи. Наибольшее количество микроорганизмов было выявлено в нижних ярусах живописи, на стенах приделов, особенно на южной стене Никольского придела. Степень зараженности микроорганизмами участков живописи, выполненных феррогидритом, была выше, чем участков с другими пигментами в пределах од-

ной композиции и одного уровня. Известно, что на железосодержащих красках (разные виды охр) гетеротрофные микроорганизмы развиваются интенсивно даже в том случае, если они приготовлены с минимальным количеством связующего или только с водой ⁷. Объясняется это высокой гигроскопичностью железосодержащих пигментов и присутствием в них большого количества микроэлементов, необходимых микроорганизмам ⁸.

В результате определения численности микроорганизмов различных групп, обитающих на стенописи, установлено снижение её на 2-3 порядка, связанное с изменением температурно-влажностного режима собора в последние годы, благодаря использованию разработанной для этого памятника методики проветривания. Однако следует учитывать, что наблюдаемое снижение численности микроорганизмов может оставаться без изменений, так как оставшиеся устойчивые формы микроорганизмов могут очень длительное время сохранять жизнеспособность при неблагоприятных условиях существования. Так, например, численность в почве бактерий рода *Arthrobacter*, которые в большом количестве присутствуют на росписях Рождественского собора ⁹, мало подвержена колебаниям. Это связано с тем, что, хотя они не образуют специализированных покоящихся структур, они очень устойчивы к недостатку субстрата и высушиванию ¹⁰.

В 1986 г. в соответствии с разработкой методики противаварийного укрепления живописи Рождественского собора проведено микробиологическое обследование участков пробных укреплений. Пробы отбирали с площадки размером 1,5 x 1,5 см. Методом серийных разведений делали посеvy на питательные среды и подсчитывали число развившихся колоний микроорганизмов (см. таблицу).

Результаты микробиологического анализа стенописи
Рождественского собора (август 1986 г.)

Участки отбора проб	Количество клеток гетеротрофных микроорганизмов на 2,25 см ² поверхности			
	сусло-агар		среда Чапека	
	грибы	бактерии, ! актиномице- ! ты	грибы	бактерии, ! актиноми- ! цеты
I Свод над жертвенником, разгранка, феррогидрит, укрепление кожным клеем (1985)	4,0 · 10 ²	2,0 · 10 ²	6,0 · 10 ²	--

2а	Поверхность про- мыта водой (1985)	$8,0 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^5$ -- $1,0 \cdot 10^6$	$8,0 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^5$
1б	Укрепление СЭВ (1985)	$1,8 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^3$
1в	Необработанная поверхность	$8,0 \cdot 10^3$	сплошной рост	$6,0 \cdot 10^4$	сплошной рост
2	Медальон в своде жертвенника, фер- рогидрит, укрепле- ние СЭВ (1985)	$2,0 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^2$	$6,0 \cdot 10^2$ -- $8,0 \cdot 10^3$	$8,0 \cdot 10^5$
2а	Необработанная поверхность	$4,0 \cdot 10^3$	сплошной рост	$8,0 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^6$
3	Композиция "Виде- ние Евлогия", охра, правая фигура	$1,6 \cdot 10^4$ -- $6,0 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^6$
4	Никольский придел, южная стена, раз- гранка, охра	$2,0 \cdot 10^2$	сплошной рост	--	$4,2 \cdot 10^5$
5	Северо-западный столб, фигура воина, зеленый пигмент (позем), механичес- кая расчистка (1983)	$4,0 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^3$
5а	Нетронутая поверх- ность	$2,0 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^6$	$8,0 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^6$
6	Барабан, изображе- ние Ноя, охра (лик)	$6,0 \cdot 10^3$	не опреде- лены	$2,0 \cdot 10^3$	не опре- делили
7	Композиция "Благос- вещение у колодца", архитектура, белила	--	сплошной рост	$4,0 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^4$ -- $3,0 \cdot 10^5$

Внесение в красочный слой живописи реставрационных материа-
лов не стимулировало развития микроорганизмов при существующем
температурно-влажностном режиме в соборе (срок наблюдения один
год). Наблюдения за участками пробных обработок необходимо
продолжить.

Условия для развития микроорганизмов в соборе в настоя-
щее время неблагоприятны, что подтверждается наблюдением за
участками пробных механических расчисток на северо-западном
столбе (южная сторона, фигура воина). Количество клеток микро-

организмов на площадке, расчищенной под контролем бинокля три года назад, на 2—3 порядка ниже, чем на соседних нерасчищенных участках. Доминирующими формами на этом участке живописи являются мицелиальные актиномицеты (стрептомицеты), встречаются микофильные грибы и грибы рода *Cladosporium*.

Однако окончательные выводы о влиянии существующего температурно-влажностного режима на развитие микроорганизмов на живописи, учитывая низкую скорость роста актиномицетов, делать преждевременно.

Следует также отметить, что влажностный режим красочного слоя и штукатурного основания росписей Рождественского собора менее благоприятен для развития микроорганизмов, чем в Рождественском соборе Пафнутьево-Боровского монастыря, в церкви Иоанна Предтечи в Толчкове в Ярославле, в церкви Успения в Мелетове под Исковом и многих других, где росписи выполнены в технике темперной живописи. Нижние ярусы живописи в них полностью покрыты маскирующим живопись плесневидным налетом белого или светло-желтого цвета, иногда с оттенками зеленого цвета, образованного микелием актиномицетов (слившиеся микроколони), слизиобразующими бактериями и микофильными грибами.

Исследование проб, отобранных с разных участков стенописи Рождественского собора в ФерAPONTOVO, показало, что численность жизнеспособных микроорганизмов на них в настоящее время достаточно высока. В связи с этим необходимо разработать дополнительные меры по снижению их численности.

Примечания:

1 Комплексное исследование и разработка методики консервации росписей Дионисия в соборе Рождества Богородицы в ФерAPONTOVO. — Отчет по результатам НИР за 1981—1985 гг., т.3, раздел 6: "Исследование микрофлоры настенной живописи собора" (библиотека ВНИИР).

2 Экологическая роль микробных метаболитов. Под ред. Д.Г. Звягинцева, изд. МГУ, 1986.

3 Strzelczyk A. Paintings and Sculptures. — *Microbial Biodeterioration (Economic Microbiology, v. 6)*, ed. A.N. Rose, AF, London, 1981, p.203--223.

- 4 Hadjioulcheva E.N., Gesheva R. Actinomycetes isolated from the Boyana Church mural paintings. — Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences, 1982, 35, 1, 71--74.
- 5 Bonkowski Zd., Lewandowska E. Pyly nieorganiczne i organiczne jako czynnik destrukcji w scrodowisku muzealnym. — Muzealnictwo, 1982, t.25, str. 95--101.
- 6 Великанов Л.Л., Сидорова И.И. Некоторые биохимические аспекты в экологии грибов. — Успехи микробиологии, т.18. М., 1983.
- 7 Strzelczyk A. Op. cit.
- 8 Ibid.
- 9 Комплексное исследование и разработка методики консервации росписей Дионисия...
- 10 Экологическая роль микробных метаболитов.